

Оригинальная статья

УДК 631.67:628.358

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-72-79>

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДООЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ НА ОРОШЕНИЕ

Т.И. Дрововозова^{1✉}, С.А. Марьяш², М.В. Власов³, Д.В. Мильченкова⁴, Н.Н. Красовская⁵

^{1,2,3,4,5} Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»; г. Новочеркасск, Российская Федерация

¹ tid70.drovovozova@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-8724-7799

² smar-78@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5561-9714

³ m_vlasov@bk.ru, ORCID: 0000-0002-9103-1958

⁴ milchenkova.darya@mail.ru, ORCID: 0009-0001-7665-1366

⁵ panya-86@mail.ru ORCID: 0000-0003-4426-7762

Аннотация. Цель работы – изучить химический состав сточных вод молокоперерабатывающего завода, расположенного в сельской местности, выполнить их эколого-мелиоративную оценку и разработать технологическую схему очистки стока, обеспечивающую возможность его применения на орошение. Особенностью химического состава сточных вод вышеуказанного предприятия являются высокие значения БПК, ХПК, содержания жиров, взвешенных веществ, ионов натрия, хлоридов, поскольку в производстве сыров предусмотрено использование рассолов. На действующих предприятиях для очистки сточных вод применяются жирословители, сооружаются биологические пруды, в которых в результате поступления минерализованных сточных вод развиваются пурпурные бактерии, окрашивающие поверхность водоема в характерный красно-розовый цвет. Применение таких вод для орошения приведет к натриевому осолонцеванию, хлоридному засолению почв и содообразованию. Оценка сточных вод после такой биологической очистки по ирригационному коэффициенту Стеблера ($K_a = 2,37$) показала их неудовлетворительное качество. Разработана технология очистки сточных вод на молокоперерабатывающем заводе, рекомендовано размещение очистного оборудования в блок-контейнере на территории предприятия. Представлена общая принципиальная схема подачи очищенных сточных вод в оросительную систему, указаны конструктивные особенности водовыпускного сооружения и канала-усреднителя.

Ключевые слова: сточные воды, молокоперерабатывающий завод, очистка, оросительная система, канал-усреднитель, пруд-накопитель

Формат цитирования: Дрововозова Т.И., Марьяш С.А., Власов М.В., Мильченкова Д.В., Красовская Н.Н. Возможности применения доочищенных сточных вод молокоперерабатывающих заводов на орошение. Природообустройство. 2026;Т.19(3):72-79. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-72-79>

Scientific article

POSSIBILITIES FOR USING TREATED WASTEWATER FROM DAIRY PROCESSING PLANTS FOR IRRIGATION

T.I. Drovovozova^{1✉}, S.A. Maryash², Vlasov M.V.³, D.V. Milchenkova⁴, N.N.⁵

^{1,2,3,4,5} Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems»; Novocherkassk, Russian Federation

¹ tid70.drovovozova@yandex.ru; ORCID: 0000-0002-8724-7799

² smar-78@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5561-9714

³ m_vlasov@bk.ru, ORCID: 0000-0002-9103-1958

⁴ milchenkova.darya@mail.ru, ORCID: 0009-0001-7665-1366

⁵ panya-86@mail.ru ORCID: 0000-0003-4426-7762

Abstract. The purpose of the work is to study the chemical composition of wastewater from a dairy processing plant located in rural areas, conduct an environmental and reclamation assessment of it and develop a technological scheme for wastewater treatment that makes it possible to use it for irrigation. A special feature of the chemical composition of wastewater from the above-mentioned enterprise is the high values of BOC, ChOC, fat content, suspended solids, sodium ions and chlorides, since the use of brines is provided for in cheese production. At existing enterprises for wastewater treatment grease traps are used, biological ponds are being built, in which, as a result of the intake of mineralized wastewater, purple bacteria

are developing, staining the surface of the reservoir in a characteristic red-pink color. The use of such waters for irrigation will lead to sodium ions, chloride ions of soils and soda formation. The assessment of wastewater after such biological treatment by the Stebler irrigation coefficient ($K_a = 2,37$) showed its unsatisfactory quality. A wastewater treatment technology has been developed at a milk processing plant, and it is recommended to place the treatment equipment in a block container on the territory of the enterprise. The general schematic diagram of the treated wastewater supply to the irrigation system, the design features of the water outlet and the averaging channel are presented.

Keywords: wastewater, milk processing plant, purification, irrigation system, averaging channel, storage pond

Format of citation: Drovovozova T.I., Maryash S.A., Vlasov M.V., Milchenkova D.V., Krasovskaya N.N. Possibilities for using treated wastewater from dairy processing plants for irrigation. *Prirodoobustrojstvo*. 2026;19(3):72-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2026-3-72-79>

Введение. В настоящее время имеется большой опыт применения хозяйственно-бытовых сточных вод и стоков животноводческих комплексов при орошении сельскохозяйственных земель [1-5]. Доказан экологический и экономический эффект от их применения, особенно в регионах, испытывающих дефицит водных ресурсов [4-9]. Обязательным условием применения таких вод при орошении является их санитарно-эпидемиологическая и токсикологическая безопасность [10]. Однако существует не менее важная проблема в сельскохозяйственном производстве – это использование сточных вод от перерабатывающих сельскохозяйственную продукцию предприятий – в частности, предприятий, производящих сыро-молочную продукцию. Как правило, такие предприятия территориально расположены в сельской местности, ближе к сырьевой базе. При этом сельские населенные пункты, в которых они находятся, в большинстве своем не имеют централизованную канализацию. Следовательно, образующийся неочищенный производственный сток собирается в пруды-накопители, и возникает проблема их дальнейшей утилизации. Решением данной проблемы могло бы стать использование этих вод на орошение земель, однако при этом необходимо обратить внимание на химический состав стоков и степень их очистки.

Неочищенный производственный сток с молокоперерабатывающих и сыродельных предприятий характеризуется высоким содержанием жира, белка, взвешенных веществ, колеблющимся рН. Кроме того, поскольку в производстве сырной продукции используются рассолы, производственный сток имеет высокие значения минерализации, концентраций ионов натрия и хлорид-ионов. На большинстве молочных и сыродельных заводов в локальных очистных сооружениях ограничиваются очисткой на жировке, что существенно снижает концентрации жира, белка, взвешенных веществ, нейтрализует

рН среды. Но такие методы очистки не решают проблему снижения минерализации, и прежде всего – содержания хлорид- и натрий-ионов. Минерализованный производственный сток после вышеуказанной очистки отправляется в пруды-накопители, где под действием специфической микрофлоры протекают анаэробные процессы жизнедеятельности микроорганизмов, в результате которых начинается «цветение» водоемов. Соответственно такую воду использовать при орошении опасно.

Цель исследований: изучить химический состав сточных вод молокоперерабатывающего завода, расположенного в сельской местности, выполнить их эколого-мелиоративную оценку и разработать технологическую схему очистки стока, обеспечивающего возможность его применения на орошение.

Материалы и методы исследований. При проведении исследований использовались эмпирические и общелогические методы, основанные на выполнении экспериментов и натурных наблюдений, а также на анализе полученных результатов. Исследования выполнены в аккредитованной лаборатории ФГБНУ «РосНИИПМ» на современном оборудовании, зарегистрированном в Государственной системе обеспечения единства измерений (ГСИ) по аттестованным методикам.

Результаты и их обсуждение. Объектом исследований являлись сточные воды молокоперерабатывающего завода, основным видом деятельности которого является производство сливочного, топленого масла, спредов, а также мягких и полутвердых сыров.

Особенностью химического состава сточных вод завода, производящего вышеуказанную продукцию, являются высокие значения БПК, ХПК, содержания жиров, взвешенных веществ, ионов натрия, хлоридов, поскольку в производстве сыров предусмотрено использование рассолов, которые после кратного применения сбрасываются

во внутризаводскую канализационную систему. Образующиеся на предприятии сточные воды подаются в приемную камеру, представляющую собой колодец, включающий в себя сточные трубы от различных цехов, по которым осуществляется транспортировка и смешение стока (рис. 1).

После приемной камеры сточные воды поступают на жиролоуловитель, предназначенный для удаления из сточной жидкости крупных немультгированных жировых частиц, после чего она подается в усреднитель, где происходит усреднение по объему и составу загрязняющих веществ. После усреднителя сточная жидкость под напором транспортируется по канализационному коллектору и выходит в открытый канализационный канал, по которому поступает на пруды биологической очистки в земляном русле. Существенным недостатком доочистки сточных вод завода на биологических прудах является протекание нежелательных процессов под действием

бактерий, особенно в водах, содержащих высокие концентрации ионов натрия и хлорид-ионов, а также нитрат-ионов. Химический состав воды в различных точках отбора проб представлен в таблице 1.



Рис. 1. Приемная камера

Fig. 1. Reception chamber

Таблица 1. Сводные данные химического анализа проб сточной воды, отобранной в разных точках

Table 1. Summary data of chemical analysis of wastewater samples taken at different points

Показатель / Indicator	Ед. изм. / Unit of measurement	Приемная камера / Reception chamber	Колодец после жиролоуловителя / The well after grease trap	Пруд накопитель-усреднитель / Pond storage averager	Пруд осветлитель № 1 / Pond clarifier No. 1	Пруд осветлитель № 2 / Pond clarifier No. 2	ПДК _{хн} / MPC _{had}
рН	Ед. рН / Un. pH	10,8	6,3	7,5	8,0	8,1	6-9
Взвеш. вещества / Suspended solids	мг/дм ³ / mg / l	334	555	960	1190	170	1,5
БПК ₅ / BOC ₅	мгО ₂ /дм ³ / mgO ₂ /l	1109	1094	232	95,5	24	2
БПК _{полн} / BOC _{full}	мгО ₂ /дм ³ / mgO ₂ /l	1472	1454	307	128	37	3,0
ХПК / ChOC	мгО/дм ³ / mgO/l	2070,02	1990,40	1472,9	1074,82	358,27	15
Азот общий / Total nitrogen	мг/дм ³ / mg / l	47,65	17,50	111,4	139,3	167,2	–
Ионы аммония / Ammonium ions	мг/дм ³ / mg / l	1,99	17,1	63	46,8	76	1,5
АСПАВ / ASPAV	мг/дм ³ / mg / l	1,6	2,5	3,8	1,7	0,31	0,5
Гидрокарбонаты / Hydrogen carbonates	мг/дм ³ / mg / l	148,23	204,35	1293	1031	1112	400
Кальций / Calcium	мг/дм ³ / mg / l	55,08	102,20	92,18	84,13	72,11	–
Магний / Magnesium	мг/дм ³ / mg / l	18,85	19,44	34,02	24,32	15,82	50
Жесткость / Water hardness	ммоль/дм ³ / mmoles / l	4,32	6,73	7,44	6,23	4,92	7,0
Калий общий / Total potassium	мг/дм ³ / mg / l	17	23	83	97	49,5	–
Натрий / Sodium	мг/дм ³ / mg / l	228	317	471	509	311	200
Нитрат-ион / Nitrate ion	мг/дм ³ / mg / l	2,56	34,25	0,9	0,26	0,28	45
Сульфаты / Sulfates	мг/дм ³ / mg / l	183,9	212,8	63,63	127,3	55,68	500
Сухой остаток / Dry residue	мг/дм ³ / mg / l	1180	1570	2830	2700	2140	1500
Фосфат-ионы / Phosphates ions	мг/дм ³ / mg / l	7,14	8,3	10,5	10,1	7,92	–
Хлориды / Chlorides	мг/дм ³ / mg / l	351	503	1212	1203	861	350

Внешний вид прудов – накопителя (рис. 2) и осветлителей (рис. 3, 4) – свидетельствует о массовом накоплении и жизнедеятельности грамотрицательных пурпурных бактерий, пигментированных каротиноидами, придающих оттенок от розового до красного, характерных для биопрудов со сточными водами пищевых производств. Цвет воды в первых двух прудах ярко-розовый, причем в пруду-осветлителе № 1 цвет воды наиболее яркий (рис. 3); цвет воды в пруду-осветлителе № 2 менее яркий и более прозрачный (рис. 4).

Вода во всех прудах мутная без тенденции осаждения, имеет отчетливый гнилостный запах. Кислород в воде полностью отсутствует; анаэробные условия являются благоприятной средой для развития грамотрицательных пурпурных бактерий.

Пурпурные бактерии интенсивно развиваются в соленой воде с повышенной минерализацией, что подтверждается результатами химического анализа. Вода, поступающая в пруды из канализационного коллектора, имеет минерализацию 1870 мг/дм^3 , концентрацию ионов натрия 347 мг/дм^3 , хлорид-ионов – 588 мг/дм^3 . В процессе жизнедеятельности пурпурные бактерии поглощают нитрат-ионы, что подтверждается результатами химического анализа; концентрация нитрат-ионов в прудах-осветлителях № 1 и № 2 снижается примерно в 250 раз (с $74,47 \text{ мг/дм}^3$ в воде, поступающей из канализационного коллектора в пруды, до $0,26\text{--}0,28 \text{ мг/дм}^3$ в прудах-осветлителях). Резкое падение концентрации нитрат-ионов в пруду накопителе-усреднителе по сравнению с трубой из канализационного коллектора с $74,47$ до $0,9 \text{ мг/дм}^3$ свидетельствует о высокой интенсивности размножения пурпурных бактерий в пруду-накопителе, которым в процессе жизнедеятельности начинает не хватать питания, что приводит к частичному их отмиранию. Клетки бактерий, наполненные раствором NaCl , разрушаются при отмирании бактерий, что приводит к его поступлению в водную среду прудов. Поэтому наблюдается резкий скачок минерализации, концентрации ионов натрия и хлорид-анионов в первых двух прудах; затем происходит частичное отстаивание воды, часть отмерших бактерий оседает в третьем пруду, поэтому значения показателей снижаются.

Вышеуказанное свидетельствует о том, что сточные воды с высоким содержанием ионов натрия и хлорид-ионов нельзя направлять для очистки на биологические пруды. Кроме того, такую воду после очистки на биологических прудах нельзя использовать на орошение, поскольку



Рис. 2. Пруд накопитель-усреднитель
Fig. 2. Storage-averaging pond



Рис. 3. Пруд-осветлитель № 1
Fig. 3. Pond clarifier No. 1



Рис. 4. Пруд-осветлитель № 2
Fig. 4. Pond clarifier No. 2

это может привести к засолению и осолонцеванию почв.

Для подтверждения данного высказывания была выполнена оценка пригодности использования сточных вод на орошение после существующего цикла отстаивания на биосооружениях

завода по ирригационному коэффициенту (K_a) Стеблера.

Исходя из условий ионного обмена ($Cl^- > Na^+$) вода после биологического пруда № 2 отнесена к III типу, ирригационный коэффициент K_a составляет 2,37, то есть вода имеет неудовлетворительное качество. Результаты мелиоративной оценки воды из пруда-осветлителя № 2, как финишного этапа биологической очистки, представлены в таблице 2.

Из данных таблицы 2 следует, что использование воды на орошение приведет к натриево-му осолонцеванию, хлоридному засолению почв и содообразованию. Опасность осолонцевания почв по уровню SAR – средняя. Следовательно, использовать воду на орошение после биологической очистки на предприятии без корректировки ее химического состава не допускается.

Для решения вышеуказанной проблемы необходимо разместить на производственной площадке завода сооружение локальной очистки сточных вод, что позволит направлять очищенные воды на орошение.

При компоновке локальных очистных сооружений (ЛОС) завода в усреднителе рекомендуется установить всасывающий оголовок с сетчатым фильтром, предотвращающим попадание масложировых частиц, подачу в него сжатого воздуха (аэрация) для окисления содержащихся в стоке органических веществ. Для контроля показателя pH стока необходимо установить анализатор pH и устройства дозирования реагентов при необходимости корректировки pH. Для отделения взвешенных и высокодисперсных частиц от жидкости и их осаждения необходимо установить электрофлотатор; для сбора шлама, образующегося в нем, устанавливается шламонакопитель, объем которого должен быть пропорционален суточному объему образовавшихся сточных вод. Образовавшийся шлам передается как жидкий отход по договору передачи организации,

имеющей соответствующую лицензию. После электрофлотатора для обеззараживания осветленной воды необходимо предусмотреть установку УФ-ламп. В связи с колебаниями концентраций солеобразующих ионов в стоке необходимо предусмотреть перед УФ-обеззараживанием размещение мембранных фильтров. Для компактного размещения оборудования на территории предприятия рекомендуется выполнить ЛОС в виде блок-контейнера. Общая принципиальная схема очистки производственного стока с молокоперерабатывающего завода представлена на рисунке 5.

Действующие пруды на предприятии должны быть реконструированы таким образом, чтобы в них был предусмотрен противоточный экран. Также необходимо учесть сооружение ограждающих или разделительных дамб, внутренние откосы которых закрепляются их перекрытием в виде сборных железобетонных плит либо укрепляются слоем каменно-щебеночной смеси полосой в 0,5 м выше уровня воды.

Размещение локальных очистных сооружений на территории молокоперерабатывающего завода и реконструкция прудов-накопителей и осветлителей позволят устранить негативное воздействие биологических прудов, эксплуатируемых предприятием, на окружающую среду.

При поступлении очищенного стока с молокоперерабатывающего завода в оросительную систему необходимо иметь в виду, что сток с предприятия образуется круглогодично, а потребность в оросительной воде носит сезонный характер. В таком случае необходимо заложить комплекс сооружений в оросительной системе либо с круглогодичным приемом сточных вод в пруды-накопители и последующим использованием их для орошения только в вегетационный период, либо с круглогодичным приемом и круглогодичным поливом – в зависимости от региона расположения завода и оросительной

Таблица 2. Результаты мелиоративной оценки воды из пруда-осветлителя № 2

Table 2. Results of the reclamation assessment of water from the clarifier pond No. 2

Критерии качества воды / Water quality criteria	Мелиоративные показатели / Reclamation indicators				
	Минерализация / Mineralization	SAR	Хлоридное засоление / Chloride salinization	Магниевое осолонцевание / Magnesium salinization	Содо- образование / Soda formation
Значения мелиоративных показателей / Values of land reclamation indicators	2140	8,53	24,25	0,37	3,58
Характеристика воды / Water characteristics	Опасность засоления высокая / The danger of salinization is high		Очень высокое / Very high	Отсутствует / Absent	Очень высокое / Very high
Класс качества / Quality class	–	–	IV	I	IV

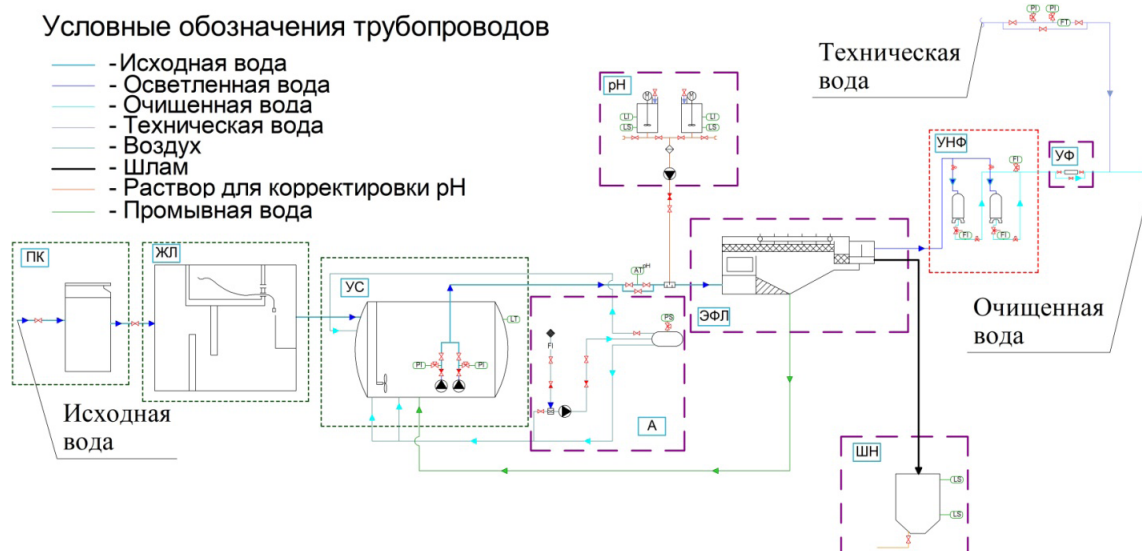


Рис. 5. Общая принципиальная схема разработанной технологии:

ПК – приемный колодец; ЖЛ – жироловка; УС – усреднитель; А – аэратор; ЭФЛ – электрофлотатор; pH – блок корректировки pH; ШН – шламонакопитель; УНФ – установка напорной фильтрации с угольной загрузкой; УФ – блок ультрафиолетового обеззараживания

Fig. 5. General schematic diagram of the developed technology

RW – the receiving well, GT – grease trap, DA – drain averager, A – the aerator, EFD – electric flotation device, pH – the block for correcting pH, SA – sludge accumulator, PFS – pressure filtration system with carbon loading, UV – the ultraviolet disinfection unit

системы. Также возможны частичный, в том числе сезонный, прием и использование сточных вод для орошения.

В вышеуказанных случаях на участке приема подготовленных сточных вод в оросительную систему необходимо разместить пруд-накопитель и канал-усреднитель. Общая принципиальная схема оросительной системы с использованием сточных вод приведена на рисунке 6.

Для приема сточных вод с предприятия в пруд-накопитель необходимо предусмотреть приемное сооружение, представляющее собой незатопленный водовыпуск в виде открытых

быстротоков, каналов, консольных сбросов и оголовков с местом контроля качества поступающего стока (рис. 7). Сооружение затопленного водовыпуска сточных вод в пруды-накопители не допускается.

Глубина наполнения прудов-накопителей сточной водой составляет 2,5-4 м. Объем пруда-накопителя либо его рабочих секций определяют из условия депонирования подготовленных сточных вод в зимнее время года с учетом производительности завода.

В случае необходимости разбавления очищенных сточных вод рекомендуется

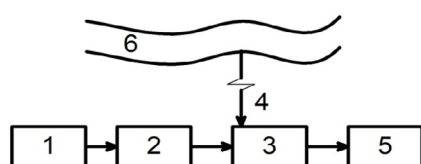


Рис. 6. Общая принципиальная схема подачи сточных вод в оросительную систему:

1 – источник сточных вод; 2 – пруды-накопители; 3 – канал-усреднитель для смешения сточных и природных вод; 4 – трубопровод подачи природных вод; 5 – оросительная система; 6 – водный объект

Fig. 6. General schematic diagram of wastewater supply to the irrigation system:

1 – wastewater source, 2 – storage ponds, 3 – averaging channel for mixing wastewater and natural waters, 4 – natural water supply pipeline, 5 – irrigation system, 6 – water body

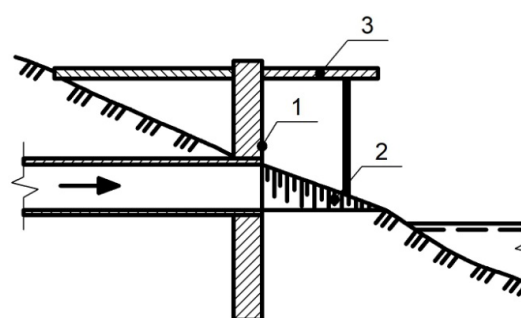


Рис. 7. Схема водовыпускного сооружения сточной воды в пруд-накопитель:

1 – бетонная стена; 2 – лоток; 3 – площадка для отбора проб исходной сточной воды

Fig. 7. Scheme of the wastewater outlet structure into the storage pond:

1 – concrete wall, 2 – tray, 3 – sampling site for the source wastewater

предусмотреть канал-усреднитель для смешения сточной и природной воды из поверхностного водного объекта либо скважины при его отсутствии. Усреднитель представляет собой облицованный бетонным покрытием канал с противοфильтрационным экраном (рис. 8).

Смотровой колодез 3 предназначен для регулирования подачи природной воды на смешение со сточными водами. В случае аварии на канале-усреднителе или в период нефункционирования оросительной системы задвижкой 5 перекрывают подачу природной воды на смешение.

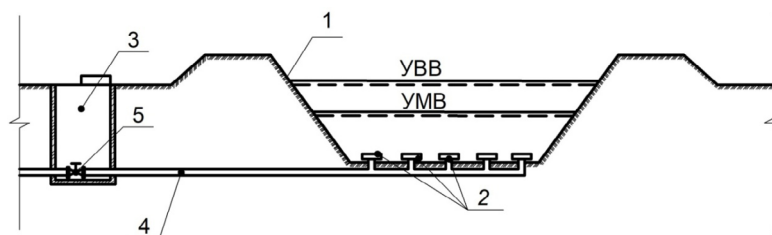


Рис. 8. Схема канала-усреднителя:

1 – тело канала; 2 – оголовок выпуска подготовленной воды на орошение;
3 – смотровой колодез; 4 – трубопровод подачи природной воды; 5 – задвижка

Fig. 8. Scheme of the averaging channel:

1 – channel body; 2 – outlet head of the prepared water for irrigation;
3 – inspection well; 4 – natural water supply pipeline; 5 – valve

Выводы

Сточные воды с действующих молочных и сыродельных заводов, расположенных в сельской местности и не оборудованных локальными очистными сооружениями, использовать на орошение опасно с точки зрения как санитарно-эпидемиологических, так и токсикологических критериев. Разработана эффективная технология доочистки сточных вод молочных и сыродельных заводов, обеспечивающая экологическую безопасность предприятия. Размещение локальных

Длина канала-усреднителя должна быть не меньше расстояния ($l_{\text{полн}}$), на котором происходит полное смешение сточных вод с природной. Длину участка $l_{\text{полн}}$ рассчитывают по формуле:

$$l_{\text{полн}} = \frac{60 \cdot q_{\text{ПСВ}}}{V \cdot H} \cdot \left(\ln \frac{q_{\text{ПСВ}} + \gamma \cdot q_{\text{ПВ}}}{(1 - \gamma) \cdot q_{\text{ПСВ}}} \right)^3, \text{ м}$$

где γ – коэффициент смешения сточных вод с природной водой (принимают от 0,8 до 0,95); $q_{\text{ПСВ}}$ – расход очищенных сточных вод, м³/с; $q_{\text{ПВ}}$ – расход природных вод, применяемых к СВ, м³/с; V – скорость течения смешанной жидкости по каналу, м/с; H – глубина канала-усреднителя, м.

очистных сооружений на территории молочных или сыродельных заводов позволит получать очищенные сточные воды, которые в последующем можно передавать в оросительную систему, в состав головного сооружения которого входят пруды-накопители и канал-усреднитель для смешения сточной и природной воды из поверхностного водного объекта. Предложен расчет длины канала-усреднителя, позволяющий полностью довести воду до качества, отвечающего требованиям к поливной воде.

Список использованных источников

1. Кирейчева Л.В., Максимов С. Оценка возможности использования очищенных сточных вод на орошение в Республике Крым // Экология и промышленность России. 2024. № 28 (2). С. 54-59. URL: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-2-54-59>
2. Кирейчева Л.В., Ткачёва Т.Н. Воздействие орошаемого свиноводческими стоками массива на поверхностные, грунтовые и подземные воды прилегающей территории // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 62-78. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-62-78>
3. Давыдов А.С., Тиньгаев А.В., Шепталов В.Б. Опыт применения сточных вод для орошения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 12 (50). С. 43-45
4. Захарова О.А. Улучшение водно-физических и агрохимических свойств почвы в условиях циклического орошения сточными водами // Научные технологии в мелиорации (Костяковские чтения): Материалы Международной конференции. М.: Изд-во ВНИИА, 2005. С. 94-100

References

1. Kireicheva L.V., Maksimov S. Assessment of the possibility of using treated wastewater for irrigation in the Republic of Crimea. Ecology and industry of Russia. 2024. No. 28(2). P. 54-59. URL: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-2-54-59>
2. Kireicheva L.V., Tkacheva T.N. The impact of irrigated pig runoff massif on surface, groundwater and groundwater of the adjacent territory // Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. Vol. 13, No. 4. P. 62-78. URL: <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-62-78>
3. Davydov A.C., Tingaev A.B., Sheptalov B.B. Experience of wastewater application for irrigation // Bulletin of the Altai State Agrarian University, No. 12 (50), 2008. P. 43-45.
4. Zakharova O.A. Improvement of water-physical and agrochemical properties of soil in conditions of cyclic irrigation with wastewater / Science-intensive technologies in land reclamation. (Kostyakov readings) Proceedings of the International Conference. Moscow: All-RRIA Publishing House, 2005. P. 94-100.

5. Круглов Ю.В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51. С. 46-59

6. Ларионова А.М. Особенности полива сточными водами // Наукоемкие технологии в мелиорации (Костяковские чтения): Материалы Международной конференции. М.: Изд-во ВНИИА, 2005. С. 127-130

7. Мусийчук Н.С., Шмаков В.И. Мелиоративное состояние земель при орошении сточными водами животноводческих комплексов и пути улучшения экологической обстановки / ФГОУ ВПО Омский государственный аграрный университет. <http://www.allbest.ru>

8. Шишкина О.С. Влияние орошения сточными водами на мелиоративное состояние территории // Мелиорация. 2004. С. 12-13

9. Дрововозова Т.И., Манжина С.А., Красовская Н.Н., Власов М.В. К вопросу о целесообразности использования очищенных сточных вод в орошаемом земледелии // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2024. Т. 93, № 2. С. 57-68

10. ГОСТ Р ИСО 16075-1 (ИСО 16075-1:2020). Руководящие указания по использованию очищенных сточных вод для оросительных систем. Часть 1. Основные положения проекта по повторному использованию воды для орошения: введ. 2024-07-01. Доступ из справ. системы «Техэксперт»

Об авторах

Татьяна Ильинична Дрововозова, д-р техн. наук, доцент; ведущий научный сотрудник; ORCID: 0000-0002-8724-7799, РИНЦ AuthorID: 314686, tid70.drovovozova@yandex.ru

Сергей Александрович Марьяш, научный сотрудник, ORCID: 0000-0001-5561-9714, РИНЦ AuthorID: 1051810, smar-78@mail.ru

Михаил Вячеславович Власов, канд. физико-математ. наук; ведущий научный сотрудник; ORCID: 0000-0002-9103-1958, РИНЦ AuthorID: 63242; m_vlasov@bk.ru

Дарья Вячеславовна Мильченкова, научный сотрудник; ORCID: 0009-0001-7665-1366, РИНЦ AuthorID: 1062539, milchenkova.darya@mail.ru

Наталья Николаевна Красовская, канд. техн. наук, научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-4426-7762, РИНЦ AuthorID: 1094614, panya-86@mail.ru

Вклад авторов

Т.И. Дрововозова – формулирование целей и задач исследований, натурные обследования прудов, формулирование выводов, подготовка текста статьи, доработка окончательной версии статьи и ее редактирование

С.А. Марьяш – исследования в производственных условиях, разработка технологической схемы доочистки сточных вод, подготовка текста статьи

М.В. Власов – разработка и расчет канала-усреднителя, подготовка текста статьи

Д.В. Мильченкова – исследования в производственных условиях, разработка технологической схемы доочистки сточных вод, подготовка текста статьи

Н.Н. Красовская – систематизация и анализ источников литературы, подготовка текста статьи

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare that there are no conflicts of interests

Поступила в редакцию / Received 15.07.2025

Одобрена после рецензирования / Approved 03.06.2026

Принята к публикации / Accepted 15.06.2026

5. Kruglov Yu.V. Microbial community of soil: physiological diversity and research methods / Agricultural Biology, 2016. Vol. 51. P. 46-59

6. Larionova A.M. Features of wastewater irrigation / Science-intensive technologies in land reclamation. (Kostyakov readings) Proceedings of the International Conference. Moscow: All-RRIA Publishing House, 2005. P. 127-130.

7. Musiychuk N.S., Shmakov V.I. Land reclamation status during wastewater irrigation of livestock complexes and ways to improve the environmental situation / Omsk State Agrarian University <http://www.allbest.ru>

8. Shishkina O.S. The effect of wastewater irrigation on the reclamation condition of the territory // Land reclamation. 2004. P. 12-13.

9. Drovovozova S.A., Manzhina N.N., Krasovskaya M.V., Vlasov. On the question of the expediency of using treated wastewater in irrigated agriculture. T. I. // Ways to increase the efficiency of irrigated agriculture. 2024. Vol. 93, No. 2. P. 57-68.

10. NS ISO 16075-1 (ISO 16075-1:2020) Guidelines for the use of treated wastewater for irrigation systems. Part 1. The main provisions of the project on the reuse of water for irrigation. Introduction. 2024-07-01. Access from the help. Techexpert systems.

Information about the authors

Tatiana I. Drovovozova, DSc (Eng), leading researcher, ORCID: 0000-0002-8724-7799, RSCI AuthorID: 314686, e-mail: tid70.drovovozova@yandex.ru

Sergey A.I. Maryash, researcher, ORCID: 0000-0001-5561-9714, RSCI AuthorID: 1051810, e-mail: smar-78@mail.ru

Mikhail V. Vlasov, CSs (Phys-math); leading researcher, ORCID: 0000-0002-9103-1958, RSCI AuthorID: 632423 e-mail: m_vlasov@bk.ru

Darya V.Milchenkova, researcher; ORCID: 0009-0001-7665-1366, РИНЦ AuthorID: 1062539, milchenkova.darya@mail.ru

Natalia N. Krasovskaya, CSs (Tech), leading researcher, ORCID: 0000-0003-4426-7762, RSCI AuthorID: 1094614, panya-86@mail.ru

Contribution of the authors

T.I. Drovovozova – formulation of research goals and objectives, field surveys of ponds, formulation of conclusions, preparation of the text of the article, revision of the final version of the article and editing

S.A. Maryash – research in production conditions, development of a technological scheme for wastewater treatment, preparation of the text of the article

M.V. Vlasov – development and calculation of the averaging channel, preparation of the text of the article

D.V. Milchenkova – research in production conditions, development of a technological scheme for wastewater treatment, preparation of the text of the article

N.N. Krasovskaya – systematization and analysis of literature sources, preparation of the text of the article